Corrigé BTS 2002 - Physique Appliquée.

Première partie Etude du transformateur alimenté sous 25 kV, 50 Hz.

111 - rapport de transformation : $m = \frac{U_{20}}{U_{10}}$ $\Rightarrow$ $\{ m = 64.10^{-3}$

112 - Intensité nominale I_{2n} pour un enroulement secondaire.

Par définition la puissance apparente totale $S_n = 4 . U_{20} . I_{2n}$

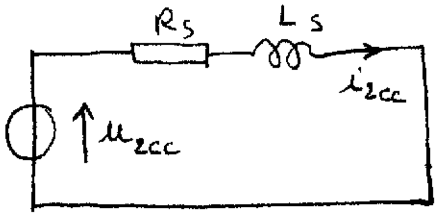
$\Rightarrow \{ I_{2n} = 900 \text{ A}$

On remarque que l'essai en court-circuit a été fait au courant nominal dans les secondaires (ce que l'on appelle l'essai en court-circuit nominal.

113. Dire que le courant primaire absorbé à vide est négligé revient à dire que les pertes fer du transfo sont négligeables dans tous les cas, y compris dans l'essai en court-circuit. Si l'on admet le schéma de la figure 2 on a :

$\{ P_{1cc} = 4 . R_S \, I_{2cc}^2$. $\Longrightarrow$ $\{ R_S = 0{,}148 \, \Omega$.

114 - Dans l'essai en court-circuit le schéma équivalent de la figure 2 devient :



avec I_{2cc} valeur efficace de i_{2cc}

et U_{2cc} " " de u_{2cc}

telles que $I_{2cc} = 900 \text{A}$

et $U_{2cc} = m \, U_{1cc}$

On donne $U_{1cc} = 37\% \, U_{1n}$ soit $U_{2cc} = 592 \text{ V}$.

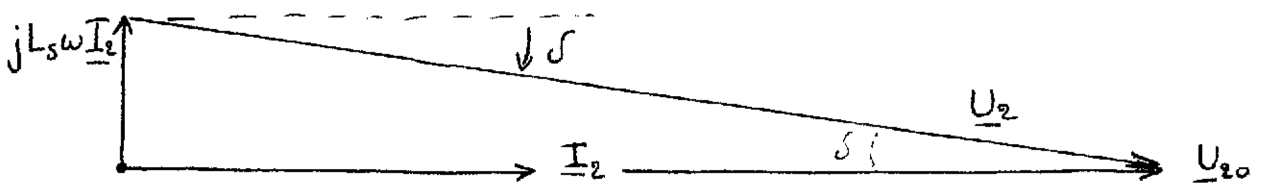
Donc $Z_S = \frac{U_{2cc}}{I_{2cc}}$ $\Rightarrow$ $\{ Z_S = 0{,}658 \, \Omega$

Avec $Z_S = \sqrt{R_S^2 + (L_S \omega)^2}$ $\Rightarrow$ $\{ X_S = 0{,}641 \, \Omega$ $\Rightarrow \{ L_S = 2{,}04 \text{ mH}$

115 - Les points sur la figure 1 repèrent les bornes homologues des enroulements du transformateur. On peut les déterminer par la méthode des électriciens.

On peut aussi trouver la méthode par impulsion.

116 - On néglige R_S et on prend $L_S\omega = 0,66\,\Omega$



On voit que $U_2 = \sqrt{U_{20}^2 + (L_S\omega I_2)^2} \Rightarrow \left\{ \underline{U_2 = 1663\ V} \right.$

et $|\tan\delta| = \dfrac{L_S\omega I_2}{U_{20}} \Rightarrow \left\{ \underline{\delta = -15,9°} \right.$

117 - Calcul des grandeurs primaires correspondantes :

Négliger le courant à vide revient à considérer le transformateur parfait pour les courants $\Rightarrow I_1 = 4 \cdot m \cdot I_2$

$\Rightarrow \left\{ \underline{I_1 = 176\ A} \right.$

et le déphasage entre u_{20} et i_2 se retrouve entre u_1 et i_1. Donc $\cos\varphi_1 = \cos(-15,9°) \Rightarrow \left\{ \underline{\cos\varphi_1 = 0,962} \right.$

Deuxième partie : Pont monophasé à commutation forcée alimenté sous 25 kV, 50 Hz

21 - 211 - $\left\{ \begin{array}{ll} \text{si } G_1 \text{ est fermé} & v_A = E \\ \text{si } G_2 \text{ est fermé} & v_A = 0 \end{array} \right.$ $\begin{array}{l} (\text{si } v_{ref1} > p) \\ (\text{si } v_{ref1} < p) \end{array}$

22 - 221 - $\left\{ \begin{array}{ll} \text{si } G_3 \text{ est fermé} & v_B = E \\ \text{si } G_4 \text{ est fermé} & v_B = 0 \end{array} \right.$ $\begin{array}{l} (\text{si } v_{ref2} > p) \\ (\text{si } v_{ref2} < p) \end{array}$

212 et 222 voir document réponse 1.

23 - 231 - Tracé de $u_{21} = v_A - v_B$ voir doc réponse 1

232 - Allure du fondamental : voir doc réponse 1.

On voit qu'il est en retard sur u_{20} d'un angle δ.

Remarque : l'amplitude du fondamental peut être déduite de la question 253 (d'où l'intérêt de lire l'ensemble du sujet avant de commencer à le résoudre !).

$$U_{f2}\sqrt{2} = r\,E \quad \text{avec ici} \quad r \simeq 1 \text{ (en ayant cependant } r < 1\text{)}.$$

24 - Indice de modulation m_d.

Sachant que $m_d = \dfrac{f_P}{f_{ref}}$ et avec $f_P = 6\, f_{ref}$

$$\Rightarrow \left\{ m_d = 6 \right.$$

Taux de modulation r.

Sachant que $r = \dfrac{\hat{V}_{ref}}{\hat{P}}$ et avec V_{ref} càc $\Leftrightarrow$ 3,15 cm.

et P càc $\Leftrightarrow$ 3,7 cm.

$$\Rightarrow \left\{ r = 0{,}85. \right.$$

25 - Remarque préliminaire.

Il y a désaccord entre le fait de considérer i_{21} comme sinusoïdal en phase avec u_{20} et de trouver son fondamental i_{f2} déphasé sur cette même tension u_{20}. Oublions donc l'indication inutile i_{21} considéré comme sinusoïdal.

251 - Puissance active fournie entre M et N. La tension u_{20} étant purement sinusoïdal on a $\left\{ P = U_{20}\, I_{f2} \cos\varphi \right.$

Puissance réactive : $\left\{ Q = U_{20}\, I_{f2} \sin\varphi \right.$

252 - Nouvelle expression donnant P :

On nous dit que $U_{f2} \sin\delta = L_S \omega\, I_{f2} \cos\varphi$. En reportant dans l'expression de P : $I_{f2}\cos\varphi = \dfrac{U_{f2}\sin\delta}{L_S\omega}$ on obtient la relation demandée : $\left\{ P = \dfrac{U_{20} \,.\, U_{f2} \sin\delta}{L_S\,\omega} \right.$

253 - Avec $U_{f2} = \dfrac{r.E}{\sqrt{2}} \Rightarrow P = r \underbrace{\dfrac{E.\,U_{20}}{\sqrt{2}\,L_S\omega}}_{P_0} \sin\delta \Rightarrow \left\{ P = r\,P_0 \sin\delta \right.$

avec $\left\{ P_0 = 4{,}72 \text{ MW} \right.$

Troisième partie : Alimentation en 1500 V continue par hacheur élévateur en conduction ininterrompue.

31- Etude du hacheur simple

311- pour $0 \leq t \leq \alpha T$ $\{ u_{G1} = 0$.

312- pour $\alpha T \leq t \leq T$ $\{ u_{G1} = 0$ $u_{G1} = E$!

313- Avec $V = L \frac{di_1}{dt} + u_{G1}$ et i_1 périodique

$$\Rightarrow \{ \langle u_{G1} \rangle = V$$

314- Tracé de $u_{G1}(t)$: voir feuille réponse 2 figure 12.

Sa valeur moyenne : $\{ \langle u_{G1} \rangle = E(1-\alpha)$

315- Donc $V = E(1-\alpha)$ $\Rightarrow$ $\{ E = \frac{V}{1-\alpha}$

AN : $\{ \alpha = 0{,}455$.

316- ED relative à i_1 : pour $0 < t < \alpha T$: $\{ \frac{di_1}{dt} = \frac{V}{L}$

donc : $\{ i_1 = \frac{V}{L} t + I_{1mini}$ puisque le courant est dans sa phase de croissance

317- ED relative à i_1 pour $\alpha T < t < T$.

posons $t' = t - \alpha T$ $\Rightarrow$ $\{ \frac{di_1}{dt'} = \frac{V-E}{L}$

avec $E = \frac{V}{1-\alpha}$ on peut encore écrire : $\{ \frac{di_1}{dt'} = -\frac{\alpha V}{L(1-\alpha)}$

Alors $\{ i_1(t') = -\frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{V}{L} t' + I_{1max}$

ou encore $\{ i_1(t) = -\frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{V}{L} (t - \alpha T) + I_{1max}$

318- Tracé de i_1 et i_{G1} : figure 13 et 14 sur doc réponse 2.

319- Ondulation : Pour $t = \alpha T$ en 316 : $I_{1max} = \frac{V}{L} \alpha T + I_{1mini}$

$\Rightarrow \Delta i_1 = \frac{\alpha}{2} \frac{V}{L} T$. Avec $T = \frac{1}{f}$ $\Rightarrow$ $\{ \Delta i_1 = \frac{\alpha V}{2 L f}$

AN : pour $\alpha = 0{,}45$ $\{ \Delta i_1 = 225 A$.

32 - Etude de deux hacheurs à commandes décalées.

321 - représentation de $i'_1(t)$ Voir figure 15 doc réponse 3.

322 - relation entre les courants $\boxed{i = i_1 + i'_1}$

D'où la représentation graphique de la figure 16 sur doc réponse 3.

La fréquence de l'ondulation de i est double de celle de i_1 soit

$\boxed{\text{fréquence de } i : \quad 600\,Hz}$

323 - Pour $0 < t < \alpha T$ on a :

$$\frac{d i_1}{dt} = \frac{V}{L} \quad \text{et} \quad \frac{d i'_1}{dt} = -\frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{V}{L}$$

Comme $i = i_1 + i'_1 \Rightarrow \boxed{\frac{d i_1}{dt} + \frac{d i'_1}{dt} = \frac{di}{dt}}$

Alors : $\frac{di}{dt} = \frac{V}{L}\left[1 - \frac{\alpha}{1-\alpha}\right] \Rightarrow \boxed{\frac{di}{dt} = \frac{1-2\alpha}{1-\alpha}\frac{V}{L}}$.

324 - Entre 0 et αT on voit que $2.\frac{\Delta i}{\Delta T} = \frac{1-2\alpha}{1-\alpha}\frac{V}{L}$

avec $\Delta T = \alpha T \Rightarrow 2\Delta i = \frac{1-2\alpha}{1-\alpha}\frac{V}{L}.\alpha T$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta i = \frac{E.\alpha(1-2\alpha)}{2Lf}}.$$

325 - Pour $\alpha = 0,45$ $\boxed{\Delta i = 41,3\,A}$

On trouve, comme prévu une ondulation moindre qu'avec un seul hacheur.

Document réponse 1

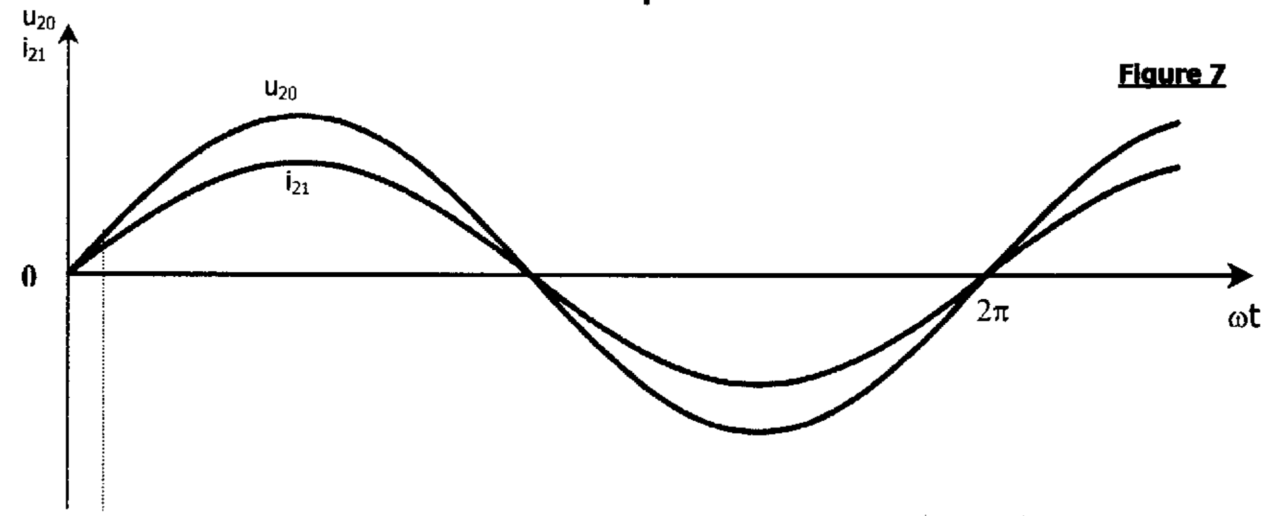


Figure 7

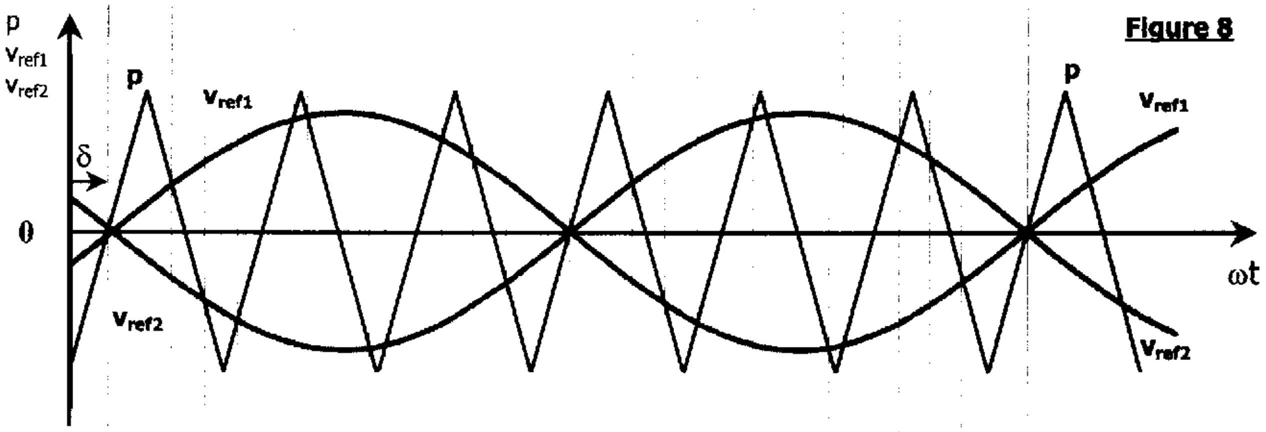


Figure 8

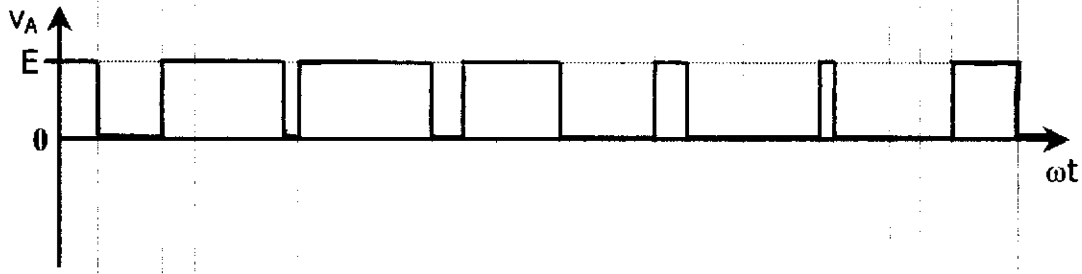


Figure 9

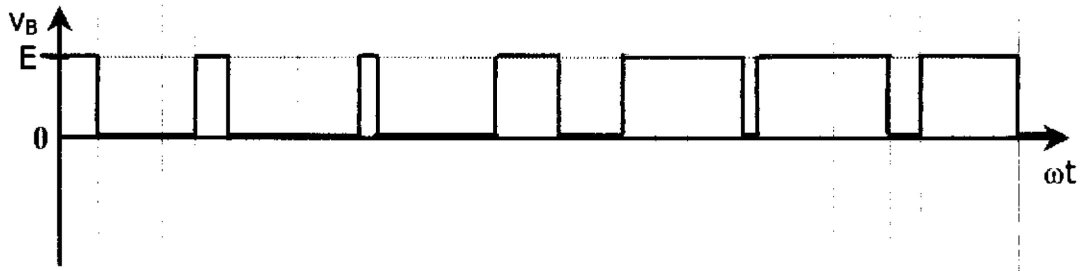


Figure 10

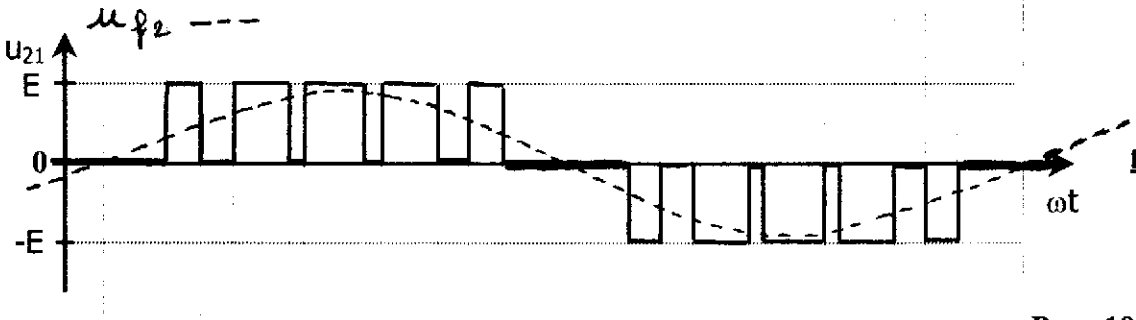


Figure 11

Document réponse 2

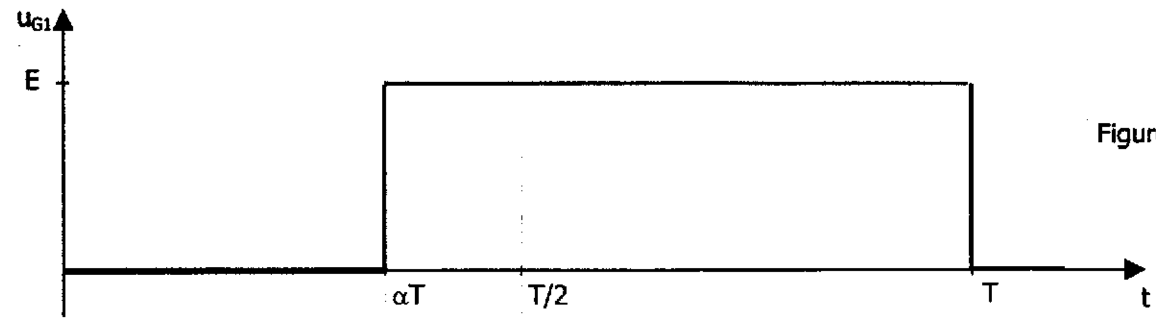


Figure 12

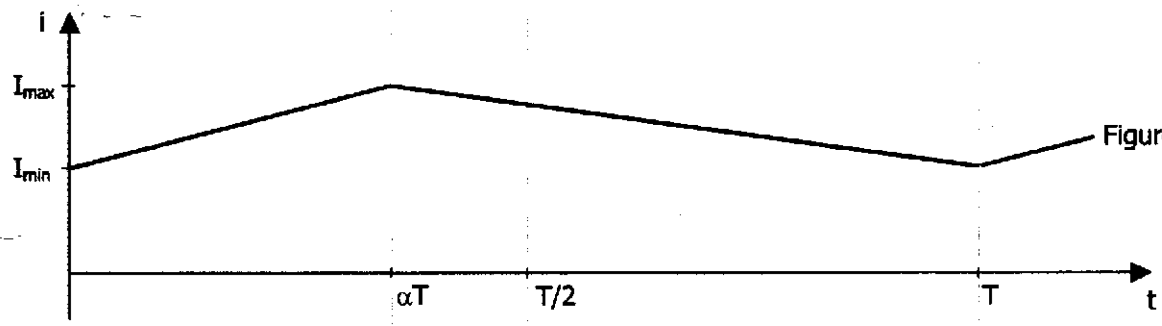


Figure 13

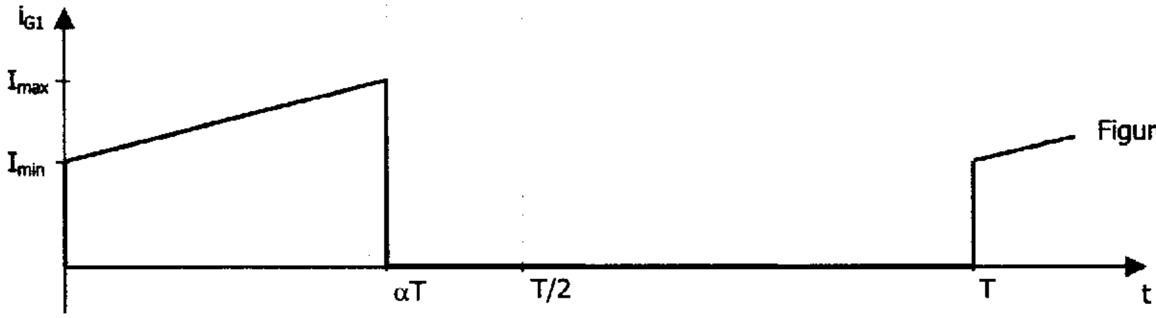


Figure 14

Document réponse 3

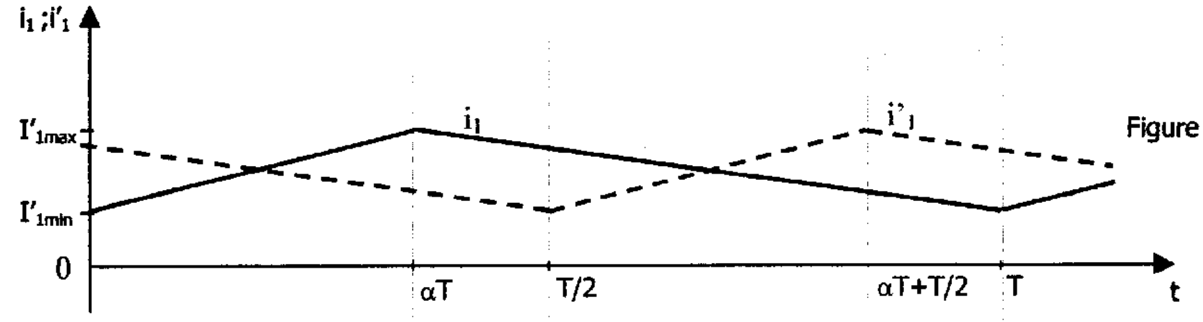


Figure 15

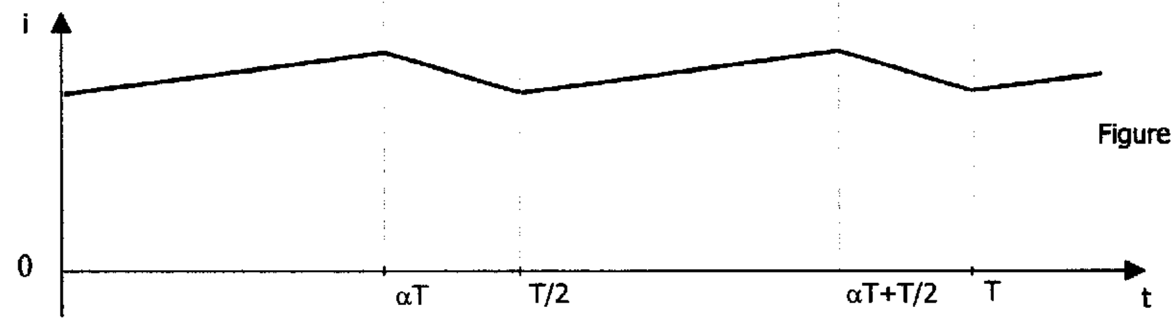


Figure 16